

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
11 DE 2823361 C2

51 Int. Cl. 4:
B06B 3/00

21 Aktenzeichen: P 28 23 361.6-53
22 Anmeldetag: 29. 5. 78
43 Offenlegungstag: 13. 12. 79
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 7. 7. 88

DE 2823361 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

72 Erfinder:
Moll, Helmut, 8500 Nürnberg, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
DE-OS 24 8 726
US 40 49 997

54 Überwachungsverfahren für das Ultraschallschweißen von Werkstücken und zugehörige Vorrichtung

DE 2823361 C2

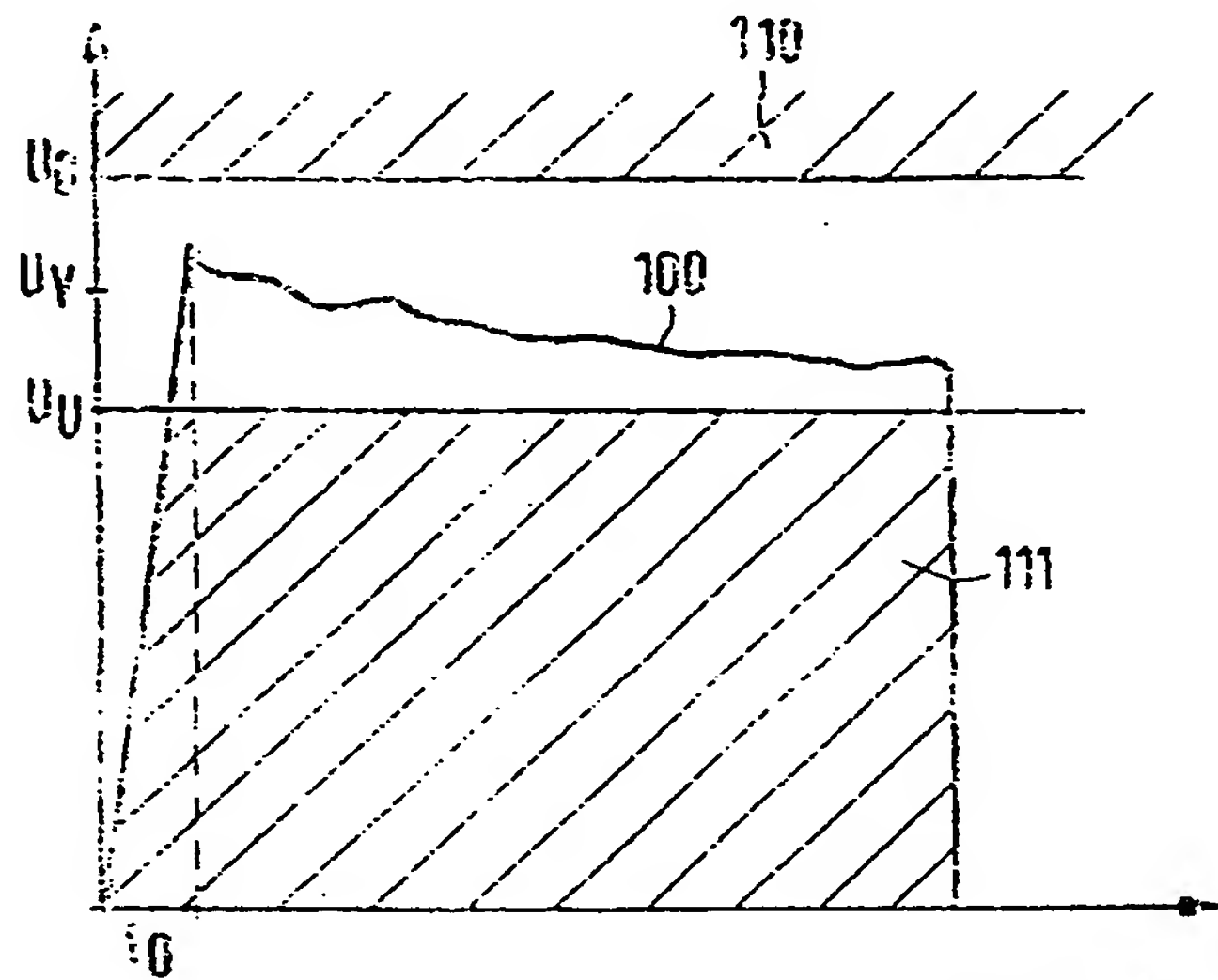


FIG 1

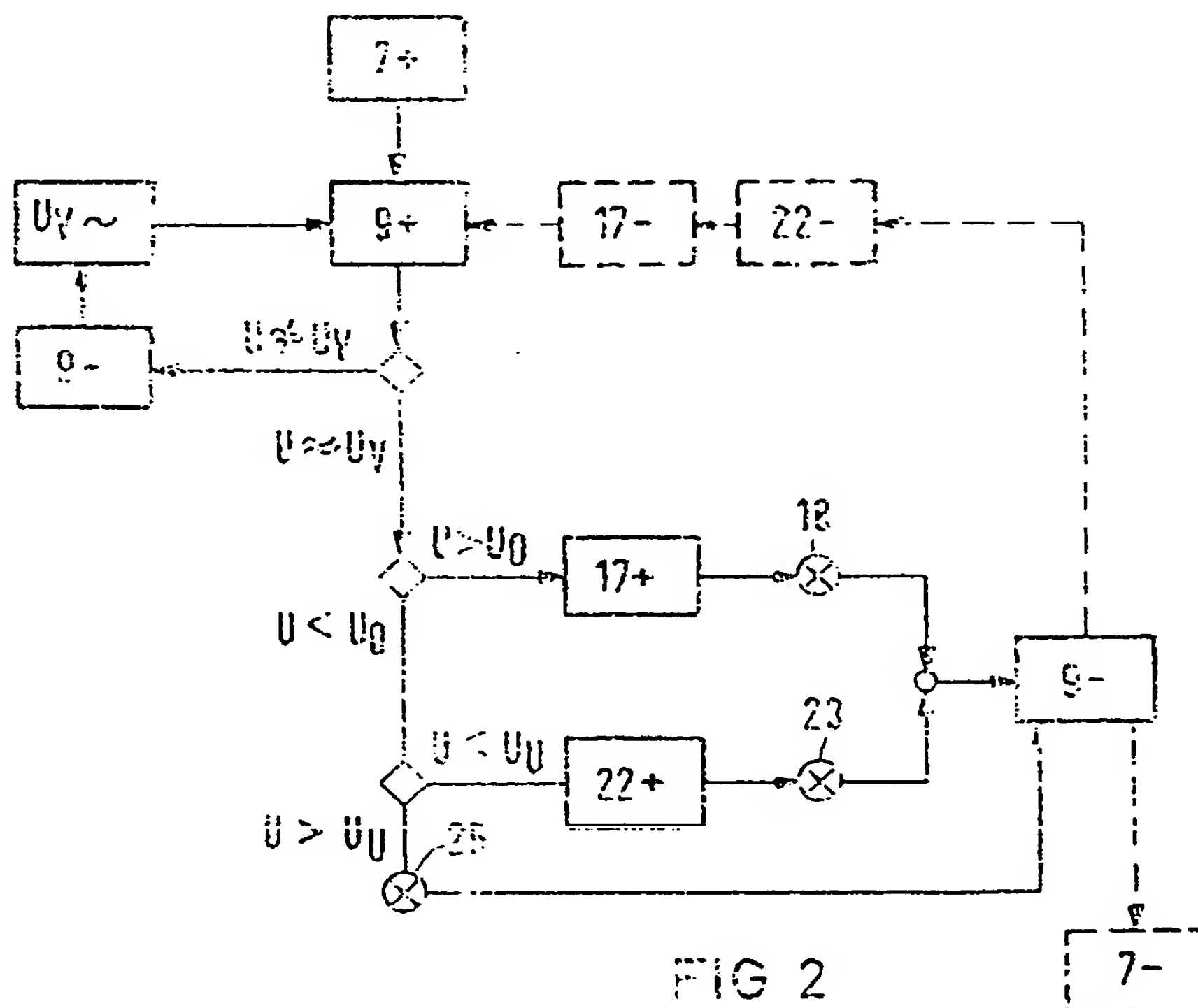


FIG 2

Patentansprüche

1. Überwachungsverfahren für das Ultraschallschweißen von Werkstücken, bei dem Ultraschall von einem elektrisch/mechanischen Wandler-
system als Schwingungserreger erzeugt und über
Werkzeuge, von denen eines als Ultraschallsono-
trode schwingungsgemäß mit dem Wandler gekop-
pelt ist, auf die zu verschweißenden Werkstücke,
von denen eines schwingungsmäßig entkoppelt auf
einem Ultraschallamboß fixiert ist, einwirkt, wo-
durch aufgrund der Ultraschallbeaufschlagung eine
Relativbewegung der Werkstücke gegeneinander
und damit deren Verschweißung bewirkt wird, da-
durch gekennzeichnet, daß die Schwingungsam-
plitude der Ultraschallsonotrode (3) berührungsfrei
abgenommen und nach dem Anlaufen des Schwin-
gungserregers (1, 2) in eine der Amplitude entspre-
chende Überwachungsgröße umgesetzt wird und
daß die Überwachungsgröße mit einstellbaren
Werten U_n , U_o , die Grenzwerten des optimalen
Amplitudenbereiches für das Ultraschallschweißen
entsprechen, verglichen und bei Über- bzw. Unter-
schreitung der Grenzwerte eine Fehlermeldung ab-
gegeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-
zeichnet, daß mit der Fehlermeldung der Schwin-
gungserreger für die Sonotrode selbsttätig abge-
schaltet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch ge-
kennzeichnet, daß die Fehlermeldung in optische
und/oder akustische Dauersignale umgesetzt wird,
wobei verschiedene Dauersignale für Überschrei-
tung des oberen Grenzwertes und Unterschreitung
des unteren Grenzwertes erzeugt werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, daß bei nur sehr kurzzei-
tigen Abweichungen vom optimalen Bereich min-
destens die Fehlermeldung für Unterschreitung des
unteren Grenzwertes unterbleibt.
5. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Dauersignale bei Abschalten des
Schwingungserregers bestehen bleiben und von
Hand abgeschaltet werden.
6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekenn-
zeichnet, daß bei Einhaltung des optimalen Be-
reichs ein Signal für störungsfreien Betrieb abge-
geben wird, das nach Abschaltung der Schwingungs-
erregung erlischt.
7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens
nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 6,
welche als Schwingungserreger einen Ultraschall-
wandler mit zugehörigem elektrischen Generator
zur Erzeugung von Ultraschallwellen vorgegebe-
ner Frequenz und Amplitude sowie als Schweiß-
werkzeuge eine mit dem Wandler schwingungsmä-
ßig gekoppelte Ultraschallsonotrode und einen
schwingungsmäßig entkoppelten Ultraschallam-
boß aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der
Ultraschallsonotrode (3) ein Schwingungsaufneh-
mer (6) berührungslos zugeordnet ist, der eine der
Amplitude der Sonotrode entsprechende elektri-
sche Überwachungsgröße (U) erzeugt und daß ein-
stellbare Grenzwertgeber (16, 20) für einen oberen
und einen unteren Grenzwert (U_n , U_o) der Über-
wachungsgröße und wenigstens eine Warneinrich-
tung (14) vorhanden sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekenn-

zeichnet, daß der Grenzwertgeber durch Potentio-
meter (16, 20) gebildet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekenn-
zeichnet, daß mit der Warneinrichtung (14) ein Re-
lais (10) zum Abschalten (9) des Schwingungserre-
gers (2) des Ultraschallschweißgerätes gekoppelt
ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekenn-
zeichnet, daß ein erster optischer und/oder akusti-
scher Signalgeber (25) vorhanden ist, solange die
Warneinrichtung (14) nicht anspricht.

11. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekenn-
zeichnet, daß Warneinrichtung (14) einen durch eine
Fehlermeldung aktivierbaren ersten Schalter
(17), der auf Überschreiten des oberen Grenzwertes
(U_o) anspricht, und einen vom ersten Schalter
(7) aktivierbaren zweiten optischen und/oder aku-
stischen Signalgeber (18) aufweist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Warneinrichtung (14) einen von
einer Fehlermeldung aktivierbaren zweiten Schal-
ter (22), der auf Unterschreitung des unteren
Grenzwertes (U_n) anspricht, und einen vom zwei-
ten Schalter (22) einschaltbaren, dritten optischen
und/oder akustischen Signalgeber (23) aufweist.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Überwachungsverfahren
für das Ultraschallschweißen von Werkstücken, bei dem
Ultraschall von einem elektrisch/mechanischen Wandler-
system als Schwingungserreger erzeugt und über
Werkzeuge, von denen eines als Ultraschallsonotrode
schwingungsmäßig mit dem Wandler gekoppelt ist, auf
die zu verschweißenden Werkstücke, von denen eines
schwingungsmäßig entkoppelt auf einem Ultraschall-
amboß fixiert ist, einwirkt, wodurch aufgrund der Ultra-
schallbeaufschlagung eine Relativbewegung der Werk-
stücke gegeneinander und damit deren Verschweißung
bewirkt wird. Daneben bezieht sich die Erfindung auch
auf die zugehörige Vorrichtung, welche als Schwin-
gungserreger einen Ultraschallwandler mit zugehörig-
em elektrischen Generator zur Erzeugung von Ultra-
schallwellen vorgegebener Frequenz und Amplitude so-
wie als Schweißwerkzeuge eine mit dem Wandler
schwingungsmäßig gekoppelte Ultraschallsonotrode
und einen schwingungsmäßig entkoppelten Ultraschall-
amboß aufweist.

Zum Schweißen und Nieten von termoplastischen
Stoffen, beim Metalleinbetten, Metallschweißen und
Bohren, beim Löten in Lötlädern und auch beim Verne-
beln von Flüssigkeiten werden Ultraschallverfahren in
zunehmenden Maße gesetzt. Um ein einwandfreies Ar-
beitsergebnis zu erhalten, ist im allgemeinen eine gleich-
bleibende Schwingungsamplitude an der Sonotrode er-
forderlich, die einerseits durch Fehler in der elektrischen
Schwingungserregung und dem Schwingkopf, der soge-
nannten Sonotrode sowie andererseits durch Verände-
rungen von Verfahrensparametern, z. B. dem Auflage-
druck der Sonotrode auf den zu bearbeitenden, insbe-
sondere zu verschweißenden Werkstücken und der da-
durch bedingten Dämpfung und Rückkopplung der
Schwingung beeinträchtigt werden kann.

Aus der DE-OS 24 48 726 ist ein Verfahren zur Erzeu-
gung von Ultraschallwellen bekannt, bei dem ein elek-
trischer Generator mit Oszillator auf einen zugehörigen
Ultraschall-Wandler derart abgestimmt ist, daß eine ma-
ximale Ultraschalleistung erzeugt wird. Dazu wird die

Abhängigkeit der Amplitude von der Frequenz ausgenutzt und das Amplitudensignal in einen Regelkreis eingebunden, wo es als Stellsignal für die variable Frequenz des Generators dient. Weiterhin ist aus der US-PS 40 49 997 ein Antrieb für ein dynamisches mechanisches System bekannt, mit dem das System einschließlich von austauschbaren Materialproben in Resonanz betrieben wird, um physikalische Festkörpereigenschaften des Materials, insbesondere den komplexen E -Modul einschließlich Dämpfungseigenschaften, zu bestimmen.

Bei obigem Stand der Technik wird jeweils die Ultraschallfrequenz nachgeregelt, um eine optimale Ultraschallabstrahlleistung und insbesondere ein Resonanzverhalten des gesamten Systems zu gewährleisten. Damit soll ein weitgehend automatischer Betrieb der zugehörigen Anlage erreicht werden.

Speziell bei automatisch arbeitenden Ultraschallschweißanlagen und bei Bedienung durch ungelernte Arbeitskräfte besteht die Gefahr, daß die Qualität der verschweißten Werkstücke trotz optimal eingestellter Schweißanlage beeinträchtigt wird, ohne daß derartige Fehler rechtzeitig erkannt werden. Dadurch kann ein hoher Ausschuß entstehen.

Die Funktion von Ultraschallschweißgeräten wurde bisher dadurch kontrolliert, daß die verschweißten Werkstücke stichprobenweise oder gegebenenfalls vollständig überprüft wurden.

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, das Ultraschallschweißen so zu überwachen, daß das Auftreten von Fehlern automatisch rechtzeitig erkannt und abgestellt werden kann.

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Schwingungsamplitude der Ultraschallsonotrode berührungsfrei abgenommen und nach dem Anlaufen des Schwingungserregers in eine der Amplitude entsprechende Überwachungsgröße umgesetzt wird und daß die Überwachungsgröße mit einstellbaren Werten, die Grenzwerten des optimalen Amplitudenbereiches für das Ultraschallschweißen entsprechen, verglichen und bei Über- bzw. Unterschreitung der Grenzwerte eine Fehlermeldung abgegeben wird.

Vorteilhaft wird der Schwingungserzeuger, vorzugsweise dessen Frequenzgenerator mit der Fehlermeldung selbsttätig abgeschaltet. Die Fehlermeldung kann in optische oder akustische Dauersignale umgesetzt werden, die bei Abschalten der Schweißanlage bestehen bleiben und von Hand abgeschaltet werden müssen. Dadurch kann vom Bedienungspersonal nach dem Abschalten der Anlage erkannt werden, ob der optimale Bereich über- oder unterschritten wurde, wodurch auf die Ursache des Fehlers geschlossen werden kann. Dabei werden vorzugsweise verschiedene Dauersignale für Überschreitung bzw. Unterschreitung des optimalen Bereiches verwendet. Ferner kann es vorteilhaft sein, wenn bei Einhaltung des optimalen Bereiches ein Signal für den störungsfreien Betrieb abgegeben wird, das nach Abschaltung der Schweißanlage von selbst erlischt.

Bei der zugehörigen Vorrichtung ist der Ultraschallsonotrode ein Schwingungsaufnehmer berührungslos zugeordnet, der eine der Amplitude der Sonotrode entsprechende elektrische Überwachungsgröße erzeugt, und sind einstellbare Grenzwertgeber für einen oberen und einen unteren Grenzwert der Überwachungsgröße und wenigstens eine Warneinrichtung vorhanden.

Weitere Einzelheiten und Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens und der zugehörigen Vorrichtung

ergeben sich aus der Figurenbeschreibung eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den weiteren Unteransprüchen.

Es zeigen

Fig. 1 und Fig. 4 den zeitlichen Verlauf der Sonotrodenamplitude,

Fig. 2 ein Flußdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens und

Fig. 3 eine Vorrichtung zu dessen Durchführung in schematischer Darstellung.

Bereits eine kurze Zeit t_0 nach Einschalten eines Frequenzgenerators zur Erzeugung elektrischer Schwingungen und des Wandler zur Umwandlung in mechanische Schwingungen ist der mit dem Wandler verbundene Schwingkopf (Sonotrode) bereits auf den Betriebszustand eingeschwungen, wie im Amplitudenverlauf (Kurve 100 nach Fig. 1) dargestellt ist. Während des Arbeitsvorgangs verändert sich die Amplitude, z. B. kann sie durch Plastifizierung und Verschmelzen der Werkstoffe und Andrücken der Sonotrode gedämpft werden. Ultraschallgeräte, deren Erregungssystem und Sonotrode sorgfältig auf Resonanz eingestimmt sind, werden durch eine derartige Dämpfung zwar verstimmt, jedoch enthalten die meisten der handelsüblichen Ultraschallgeräte eine automatische Nachstellung auf Resonanz und konstante Leistung, so daß die Amplitude sich nicht wesentlich verändert. Durch Risse in der Sonotrode, Defekte im Erzeugungssystem und andere Fehler kann sich die Amplitude der Sonotrode jedoch stark ändern, z. B. kann sie eine mit U_U bezeichnete untere Grenze unterschreiten und in einen Bereich 110 geraten, in dem kein befriedigendes Arbeitsergebnis mehr erhalten wird. Es kann jedoch auch eine obere Grenze U_O überschritten werden und ein Bereich 111 erreicht werden, z. B. kann die Sonotrode nicht richtig auf dem Werkstück aufsitzen oder es kann z. B. der nötige Auflagedruck beim pneumatischen Aufdrücken der Sonotrode auf das Werkstück nicht erreicht sein. Es kommt dann zu übermäßigem Schwingen, das zu Rissen in der Sonotrode oder dem Werkstück führen kann. Obwohl mangelhafte Arbeitsergebnisse nicht nur auf Defekte im Schallgerät selbst zurückzuführen sein müssen, ist trotzdem der Amplitudenverlauf der Sonotrode in den meisten Fällen eine zuverlässige Überwachungsgröße zur Erzielung eines einwandfreien Arbeitsergebnisses. Beim Abschalten klingt die Schwingung ebenfalls in einer unter t_0 liegenden Zeitspanne ab.

In Fig. 3 ist mit 1 ein elektrischer Frequenzgenerator und mit 2 ein Wandler des Schwingungserregers, mit 3 die Sonotrode, mit 4 der Amboß und mit 5 ein Werkstück, z. B. zwei miteinander punktweise zu verschweißende thermoplastische Flächen, dargestellt. In Nähe der Sonotrode und des Werkstoffes ist ein elektrodynamischer Schwingungsaufnehmer 6 (Meßwandler) angeordnet, in dem die Schwingungen der Sonotrode in ein elektrisches Signal, z. B. eine Wechselspannung, umgesetzt werden.

Ein derartiger Meßwandler, der berührungslos die Amplitude eines in seiner Nähe mechanisch schwingenden Körpers aufnimmt und in eine Wechselspannung umsetzt, ist z. B. in der DE-PS 14 97 777 beschrieben.

Bei gegebenem Abstand ist die Amplitude der vom Meßwandler abgegebenen Wechselspannung weitgehend linear zur Amplitude der aufgenommenen Schwingung. In Fig. 1 ist daher die vom Schwingungsaufnehmer abgegebene Schwingungsamplitude U während des Arbeitsvorganges als direktes Maß für die Schwingung der Sonotrode aufgetragen. Der Schwingungsaufnehmer

mer kann dabei durchaus in einigen Zentimetern Abstand von der Sonotrode angebracht sein. Selbst wenn der Schwingungsaufnehmer nahe dem anderen, der auf dem Werkstück aufsitzenden Sonotrodenstirnfläche entgegengesetzten Ende der Sonotrode angeordnet ist, kann durch eine Überwachung der vom Schwingungsaufnehmer aufgenommenen Schwingung das einwandfreie Arbeiten der Anlage überwacht werden.

Zur Durchführung des Verfahrens wird zunächst ein Probeversuch gefahren. Hierzu wird zunächst die Sonotrode 3 in Arbeitsstellung zum zu bearbeitenden Werkstück 5 gefahren und der Frequenzgenerator 1 eingeschaltet. Dies geschieht durch einen Hauptschalter 7, der die Spannungsversorgung U_B für die Anlage (Schwingungserregung und Überwachungseinrichtung) einschaltet. Am Frequenzgenerator befindet sich ein weiterer Schalter 9, der die Einspeisung der Hochfrequenz in den Schwingungswandler 2 einschaltet und zunächst geschlossen wird, bei Dauerbetrieb jedoch durch ein Relais 10, das während des Probeversuchs ausgeschaltet ist, geöffnet werden kann. Das Schließen bzw. Öffnen der Schalter 7 und 9 ist in Fig. 2 mit 7+ und 9+ bzw. 7- und 9- angedeutet.

Der Schwingungsaufnehmer 6 erzeugt nun eine Wechselspannung, deren Spannungsamplitude der zu überwachenden Schwingungsamplitude entspricht. Diese Wechselspannung wird gleichgerichtet und verstärkt (Verstärkerstufe 11), wobei die Verstärkung durch ein Potentiometer 12 verändert werden kann. Durch dieses Potentiometer wird sichergestellt, daß die in die nachfolgenden Teile der Überwachungseinrichtung eingespeisten Spannungen in der Nähe eines optimalen Spannungswert U_V liegen, so daß die Empfindlichkeit der Überwachungseinrichtung ausgenutzt und eine Übersteuerung einzelner elektronischer Bauteile vermieden wird. Die von der Verstärkerstufe 11 erzeugte Überwachungsgröße U , also ein Gleichspannungssignal, wird an einem Digitalvoltmeter 13 angezeigt. Bei nennenswerten Abweichungen dieses Signals vom optimalen Meßbereich U_V ($U_V \neq U$) wird der Schalter 9 geöffnet und das Potentiometer 12 derart verstellt (in Fig. 2 mit U_V bezeichnet), daß die Meßspannung U sich der angestrebten Spannung U_V annähert. Sodann wird der Schalter 9 wieder geschlossen und der Probeversuch fortgesetzt.

Hierzu wird die Spannung U in eine Warneinrichtung 14 eingegeben. Diese Warneinrichtung enthält eine Vergleichsstufe 15, der über ein Potentiometer 16 eine Spannung U_O als obere Grenze für den optimalen Bereich des Signals U und somit der Schwingungsamplitude der Sonotrode 3 eingeprägt wird. Übersteigt die Überwachungsgröße U die obere Grenze U_O , so wird eine Fehlermeldung abgegeben, die einen Schalter 17 betätigt, der einen optischen und/oder akkustischen Signalgeber 18, z. B. eine rote Lampe, in Betrieb setzt. Diese Vergleichsstufe ist vorzugsweise so ausgelegt, daß bei Betriebspausen, d. h. wenn der Meßwandler kein oder ein unter einem niedrigen Schwellwert liegendes Signal abgibt, keine Fehlermeldung abgegeben wird.

In ähnlicher Weise wird über ein Potentiometer 20 ein unterer Grenzwert U_U für die Überwachungsgröße U in eine andere Vergleichsstufe 21 eingegeben, die (wiederum nur bei Erregung des Meßwandlers 6) für $U_U > U$ eine entsprechende Fehlermeldung abgibt. Mit dieser Fehlermeldung wird ein Schalter 22 geschlossen, der einen anderen optischen und/oder akkustischen Warngeber 23, z. B. eine blaue Warnlampe, in Betrieb setzt. Beim Schließen eines der Schalter 17 oder 22 wird

gleichzeitig auch das Relais 10 angesteuert (z. B. über ein OR-Glied 24). Während des Probeversuchs kann die vom Relais 10 vermittelte Kopplung des OR-Gliedes 24 mit Schalter 9 unterbrochen sein, so daß bei schwingender Sonotrode die Werte für U_V , U_U und U_O entsprechend den vorliegenden Verhältnissen eingestellt werden können, ohne daß das Relais 10 bei Unterschreiten der unteren Schranke U_U oder Überschreiten der oberen Schranke U_O den Ultraschallerzeuger selbsttätig ausschaltet. Während des Dauerbetriebes jedoch führt jede Abweichung der Überwachungsgröße U von dem vorgegebenen optimalen Bereich zum Ansprechen des Relais 10 und damit zur Ausschaltung der Schwingungserzeugung.

Ferner ist ein weiterer optischer und/oder akkustischer Signalgeber 25 vorgesehen, z. B. eine grüne Signallampe, die während des störungsfreien Betriebes der Ultraschalleinrichtung ein entsprechendes Signal abgibt. Dieser Signalgeber 25 wird z. B. über im NOR-Glied 27 von den Fehlermeldungen der beiden Vergleichsstufen angesteuert. Da mit den Fehlermeldungen praktisch keine Leistung geschaltet werden muß, können die Schalter 17 und 22 vorteilhaft durch elektronische Bauelemente verwirklicht werden. Vorteilhaft ist für die dazugehörigen Vergleichsstufen 15 und 21 wenigstens ein Zeitglied 26 vorgesehen, das eine kurzfristige Abweichung vom optimalen Bereich ermöglicht. Insbesondere soll nämlich das Warnsignal für Unterschreitung der unteren Grenze während der Zeit t_0 nicht ansprechen, in der beim Einschalten des Schwingungserregers die Sonotrode sich auf den Betriebszustand einschwingt oder bei Beendigung eines störungsfreien Betriebes die Sonotrodenschwingung abgeklungen ist. Dies kann z. B. durch einen Speicher erreicht werden, der die Abweichung der Überwachungsgröße U vom optimalen Bereich speichert und erst nach der Zeit t_0 den Befehl zum Abschalten der entsprechenden Schalter gibt, wenn bis dahin die Schallamplitude nicht in den optimalen Bereich eingeschwungen oder der Arbeitsvorgang von außen, z. B. über den Schalter 9, abgeschaltet wurde. Durch Öffnen des Schalters 9 wird der Probelauf beendet und die Anlage ist, nachdem die geeigneten Werte für U_V , U_U und U_O eingestellt wurden, für den Fertigungsbetrieb bereit.

Der Dauerbetrieb beginnt, indem der Schalter 7 geschlossen gehalten wird und somit Schwingungserregung und Überwachungseinrichtung betriebsbereit sind. Werkstück und Sonotrode werden in Arbeitsstellung gebracht und der Schalter 9 geschlossen. Gleichzeitig werden die Schalter 17 und 22 sowie das Relais 10 in Ruhestellung gebracht, was automatisch durch Betätigung des Schalters 9 oder durch einen eigenen Lösch-Befehl geschehen kann. Während des Arbeitsvorgangs leuchtet dann die grüne Lampe 25 auf, bis entweder von den Vergleichsstufen 15 und 21 eine Abweichung vom optimalen Bereich gemeldet, die entsprechenden Warnlampen 18 und 23 eingeschaltet und der Schalter 9 selbsttätig geöffnet werden oder der Schalter 9 bei Beendigung eines störungsfreien Arbeitsganges wieder von Hand geöffnet wird. Ein Arbeitsgang endet also mit Öffnen des Schalters 9 (bei geschlossenem Hauptschalter 7), wobei im Falle einer Störung eine der Warnlampen (Signalgeber) arbeitet. Nun kann entweder der Schalter 9 für den nächsten Arbeitsgang unter Rücksetzen (Öffnen) der Schalter 17 und 22 geschlossen oder am Ende der Arbeitsserie der Hauptschalter 7 geöffnet werden.

Das Öffnen und Schließen des Schalters 9 am Anfang

und Ende eines störungsfreien Arbeitsgangs kann dabei auch durch eine Automatik vorgenommen werden, die auf eine optimale Bearbeitungszeit abgestimmt ist. Bei Beendigung eines gestörten Arbeitsganges bleiben auch nach Abschalten der Sonotrode die Warnlampen 18 und 23 in Betrieb, so daß im Falle einer Störung festgestellt werden kann, ob der optimale Bereich unter- oder überschritten wurde. Sofern eine Automatik vorgesehen ist, wird diese durch das Relais 10 abgeschaltet, so daß eine Arbeitspause zur Beseitigung der Störung entsteht. Werden die Ultraschall-Arbeiten im Rahmen einer Fertigungsstraße ausgeführt, so wird die Automatik vom Takt der Fertigungsstraße gesteuert und mit Abschalten der Automatik die Fertigungsstraße angehalten.

In manchen Fällen kann die Schwingungsamplitude nicht während eines Arbeitsgangs konstant gehalten werden. Dies kann dadurch bedingt sein, daß die erwähnte automatische Nachstimmung der Frequenz und der Leistung bei sich ändernden Dämpfungsverhältnissen nicht ausreicht. Es kann aber auch erwünscht sein, mit wachsender Plastifizierung der zu bearbeitenden Werkstücke die Schwingungsamplitude zu verändern, z. B. um ein Einsinken der aufgedrückten Sonotrode zu kontrollieren. In diesen Fällen ändert sich der angestrebte Amplitudenverlauf (Kurve 101 in Fig. 4) während des Arbeitsganges, jedoch wird für alle Arbeitsgänge ein gleichbleibender Amplitudenverlauf angestrebt. In diesen Fällen werden die vorgebbaren Werte für U_U (Kurve 102) und U_O (103) und gegebenenfalls auch U_V (104) nachgesteuert.

Durch die Erfindung werden Arbeiten mit Schall- oder Ultraschall-Geräten derart vereinfacht, daß sie auch von ungeschultem Personal überwacht werden können, ohne daß ein größerer Ausschub zu befürchten ist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

